[Aus dem Tierhygienischen Institut der Universität München.
Damaliger Vorstand: Prof. Dr. K. Süpfle.]

Untersuchungen über den Einfluß der Bauart der Stallungen und der Führung des Stallbetriebes auf die Beschaffenheit der Stall-Luft.

(Gekrönte Preisaufgabe der Tierärztlichen Fakultät der Universität München.)

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der veterinär-medizinischen Doktorwürde der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt

von

Erich Deutsch.

Berlin 1928.

Gedruckt mit Genehmigung der
Tierärztlichen Fakultät der Universität München.
Referent: Prof. Dr. K. Süpfle.

[Aus dem Tierhygienischen Institut der Universität München.
Damaliger Vorstand: Prof. Dr. K. Süpfle.]

Untersuchungen über den Einfluß der Bauart der Stallungen und der Führung des Stallbetriebes auf die Beschaffenheit der Stall-Luft.

(Gekrönte Preisaufgabe der Tierärztlichen Fakultät der Universität München.)

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der veterinär-medizinischen Doktorwürde der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt

von

Erich Deutsch.

Berlin 1928.

BIBLIOTHEEK
RIJKS
UNIV.
LEIDEN

Die Tierärztliche Fakultät der Universität München hat auf Vorschlag von Prof. Dr. Süpfle im Sommer 1926 die Preisaufgabe gestellt:

„Es soll durch umfassende Vergleichsuntersuchungen festgestellt werden, welche Beschaffenheit die Stall-Luft zeigt je nach der Bauweise, Größe und Lage der Stallungen, Zahl und Gattung der Stallinsassen, Art und Betrieb der Lüftung, Art der Streumaterialien und Behandlung der Ausscheidungen. Die Beschaffenheit der Luft ist zu prüfen durch Ermittelung ihrer Temperatur und ihres Gehaltes an Wasserdampf, Kohlensäure, Ammoniak und Schwefelwasserstoff. Auf Grund der Ergebnisse der Luftuntersuchungen und der Beobachtungen über den Gesundheitszustand und die Nutzungsleistung der betreffenden Tiere soll zu der Frage Stellung genommen werden, nach welchen Normen die Stall-Luft zu beurteilen ist und welche hygienischen Anforderungen an die Bauart der Stallungen und an die Führung des Stallbetriebes zu stellen sind."

Über die Probleme dieser Preisaufgabe ist nur eine spärliche Literatur vorhanden. Im Anschluß an die Forschungen über die Ventilation bewohnter Räume von Max von Pettenkofer hatten

H. Schultze[1]) und M. Märcker[2]) 1866 und 1870 eingehende Untersuchungen über den Kohlensäuregehalt der Stall-Luft und den Luftwechsel in Stallungen veröffentlicht; Vollrath[3]) berichtete 1870 über den Gehalt der Luft an Kohlensäure, Ammoniak und Wasserdampf einerseits in einem Stall mit permanenter Streu, anderseits in einem Stall mit periodischer Streu. Die damals ermittelten Ergebnisse bilden die wesentliche Grundlage, auf der die in den Lehrbüchern der Veterinärhygiene von Dammann und von Klimmer vertretenen Anschauungen über die Hygiene der Stall-Luft fußen. Nach einer langen Pause ist erst im Jahre 1927 eine neue Arbeit zur Frage der Lufthygiene der Stallungen erschienen: B. Lehmeyer[4]) teilt die Ergebnisse von Untersuchungen mit, die er auf Anregung und unter Leitung von K. Süpfle über den Kohlensäure- und Wasserdampfgehalt der Stall-Luft 1924/25 durchgeführt hat.

Angesichts der geringen Zahl von Studien, die der Frage der Zusammensetzung der Stall-Luft bisher gewidmet wurden, war es verlockend, die Preisaufgabe der Münchener Tierärztlichen Fakultät in Angriff zu nehmen. Freilich mußte ich mir darüber klar sein, daß es mir bei der kurzen Zeit, die für die Lösung zur Verfügung stand, unmöglich sein werde, alle zur Diskussion gestellten Probleme zu bearbeiten oder gar zu lösen. Diese Erkenntnis hätte mich entmutigen können; ich glaubte, daß auch ein Beitrag, der keinen Abschluß bringt, dem Motiv der Preisfrage gerecht wird, das Interesse für die bisher vernächlässigte Forschung der Stallhygiene mittels exakter Methoden neu zu beleben. Ich habe es daher dankbar begrüßt, daß ich unter Leitung von Herrn Professor Dr. Süpfle im Tierhygienischen Institut eine Reihe von Untersuchungen anstellen konnte, die unsere Kenntnisse über die Beziehungen

---

[1]) H. Schultze und M. Märcker, Über den Kohlensäuregehalt der Stall-Luft und den Luftwechsel in Stallungen. Journal f. Landwirtschaft, Bd. 17, S. 224, 1869.

[2]) M. Märcker, Versuche über die Porosität einiger Baumaterialien sowie über den künstlichen und natürlichen Luftwechsel in Stallgebäuden. J. f. L., Bd. 18, S. 340 u. 402, 1870.

[3]) Vollrath, A., Über die Beschaffenheit der Luft in Ställen mit permanenter und periodischer Streu. Wochenschrift f. Tierheilkunde u. Viehzucht, Bd. 16, S. 105, 1872.

[4]) B. Lehmeyer, Inauguraldissertation aus dem Tierhygienischen Institut der Universität München: Untersuchungen über den Kohlensäure- und Wasserdampfgehalt der Stall-Luft, 1927. Zeitschr. f. Infektskr. d. Haustiere, Bd. 31, H. 1.

zwischen der Zusammensetzung der Stall-Luft und der Bauweise der Stallungen sowie der Führung des Stallbetriebes wenigstens nach mancher Richtung hin erweitern dürften. Bei der Einübung der Versuchsmethodik unterstützte mich der Assistent des Instituts Herr Dr. Paul Hofmann, dem ich für seine liebenswürdige Hilfsbereitschaft herzlich danke.

Untersuchungsmethoden.

Die Bestimmung des **Kohlensäuregehaltes** der Luft geschah in einer Anzahl von Fällen nach der Methode von Pettenkofer mit Barytwasser; ich befolgte hierbei das im Institut übliche Vorgehen, wie es Lehmeyer kurz skizziert hat. Die Pettenkofersche Methode sollte eine Kontrolle ermöglichen für die Zuverlässigkeit eines anderen Kohlensäurebestimmungsverfahrens, das bei meinen Untersuchungen regelmäßig zur Anwendung kam. Wenige Monate vor Beginn meiner Untersuchungen war im Institut eine Methode ausgearbeitet worden, mit der es möglich ist, den Gehalt der Luft an **Kohlensäure, Ammoniak** und **Schwefelwasserstoff** in einer einzigen Versuchsanordnung zu bestimmen. Diese Methode von K. Süpfle, P. Hofmann und L. Walz[1]) war für die Durchführung meiner Versuche sehr geeignet, da es ja Aufgabe des Preisthemas war, in der Stall-Luft nicht nur die Kohlensäure, sondern auch etwa vorhandene Mengen von Ammoniak und Schwefelwasserstoff quantitativ zu ermitteln. Bei dem Verfahren von Süpfle-Hofmann-Walz wird die zu untersuchende Luft mit Hilfe eines Aspirators durch mehrere hintereinander geschaltete geeignete Absorptionsmitttel geleitet; es gelangt die Luft in langsamem Strom zunächst in ein 100 ccm fassendes Rundkölbchen, das 25 ccm $\frac{n}{10}$ H_2 SO_4 enthält, und gibt hier Ammoniak ab; nun passiert die Luft zur verlässigen Trocknung ein Chlorcalciumröhrchen und strömt darnach durch ein Kupfervitriol-Bimssteinröhrchen, wo Schwefelwasserstoff zurückgehalten wird; hierauf wird die Luft durch einen Schraubenkaliapparat geführt und dadurch ihres Kohlensäuregehaltes beraubt; schließlich wird der Luftstrom durch ein Chlorcalciumröhrchen gesogen und vom Aspirator erfaßt. Als Aspirator benutzte ich gelegentlich den Aspirator nach M. Hahn, meistens jedoch einen gewöhnlichen Flaschenaspirator.

Nach den Angaben von Süpfle, Hofmann und Walz, auf die hiermit wegen der näheren Einzelheiten verwiesen sei, wurde der Ammoniakgehalt der untersuchten Luft aus der Titerabnahme berechnet, die sich beim Titrieren der $\frac{n}{10}$ H_2 SO_4 mit $\frac{n}{10}$ Na OH (Indikator: Paranitrophenol) ergab. Der Schwefelwasserstoffgehalt war aus der Gewichtszunahme des mit Kupfervitriol-Bimsstein gefüllten Absorptionsröhrchen zu bestimmen. Ebenfalls gewichtsanalytisch wurde der Kohlensäuregehalt ermittelt aus der Gewichtszunahme des mit 30% KOH gefüllten Schraubenkaliapparats. Die im Versuch gefundenen Werte (mg) wurden schließlich in Volumpromille umgerechnet, da sich meine

[1]) Süpfle, K., Hofmann, P., Walz, L., Archiv f. Hygiene, Bd. 98, 1927.

sämtlichen Zahlenangaben über den Gehalt der Luft an Kohlensäure, Ammoniak und Schwefelwasserstoff auf Volumpromille beziehen sollten.

Den **Wasserdampfgehalt der Luft** untersuchte ich mittels des Normal-Aspirations-Psychrometers von Äßmann mit einem geprüften Instrument der Firma R. Fueß in Steglitz. Bei dieser Prüfung wurde gleichzeitig die Temperatur der Luft festgestellt.

Nach den sorgfältigen Vergleichsuntersuchungen von Lehmeyer ist es nicht gleichgültig, ob man die Luftproben in der Nähe des Fußbodens oder in der mittleren Stallhöhe oder an der Decke entnimmt; ihren Durchschnittsgehalt hat die Stall-Luft in der mittleren Höhe des Stalles. Gemäß diesen Angaben habe ich die Versuchsapparatur jeweils in einer Höhe von $1-1^1/_2$ m über dem Boden aufgestellt und während der Untersuchung für Mischung der Luft gesorgt. Selbstverständlich wurde für die Aufstellung ein Ort gewählt, der nicht unmittelbar vor den Köpfen der Tiere lag, da die Luft sonst eine dem Durchschnitt nicht entsprechende Zusammensetzung hätte besitzen können.

Im Anschluß an die Untersuchung der Luft im Stall wurde die Luft im Freien auf ihre Temperatur und ihren Feuchtigkeitsgehalt geprüft. Gleichzeitig wurden der allgemeine Charakter der Witterung, die Windrichtung und die Windstärke notiert. An einem Aneroidbarometer wurde der herrschende Luftdruck abgelesen. Ferner wurden protokolliert die Lage, Orientierung und Größe des Stalles, die Bauart, Zahl und Lage der Fenster und Türen, die Ventilation, Art, Menge und Zustand der Streu, die Behandlung der Ausscheidungen, der Gesamteindruck von der Sauberkeit im Stall und das subjektive Geruchsempfinden beim Betreten des Stalles; ebenso wurden die Anzahl und Art der Tiere im Stalle registriert, ihr Gesundheitszustand, ihre Körperpflege, ihre Fütterung.

Wo die **Lüftungsleistung** eines Ventilationsschachtes geprüft werden konnte, wurde die Strömungsgeschwindigkeit der Luft mit dem Anemometer von Recknagel gemessen.

Die Tagesstunde, zu der die Untersuchungen ausgeführt wurden, wird in den Protokollen nach der 24-Stunden-Einteilung angegeben; diese Berechnungsweise vereinfacht die Protokollierung, da manche Untersuchungen zur Nachtzeit stattfanden.

Ergebnisse.

Nach dem dargelegten ausführlichen Untersuchungsgang habe ich insgesamt 30 Untersuchungen in 25 Stallungen ausgeführt. Davon fanden 12 Untersuchungen in 10 verschiedenen Pferdeställen statt, 13 Untersuchungen in 10 Rinderställen; ferner habe ich 3 Schweineställe und 2 Schafställe untersucht. Die Stallungen lagen größtenteils in München oder in der nächsten Umgebung von München; 4 Ställe befanden sich in Mittelfranken. Es handelte sich um Stallungen, deren hygienische Verhältnisse im allgemeinen günstig waren.

Die Größe der zur Untersuchung herangezogenen Pferdeställungen schwankte zwischen 168 und 1540 cbm; bei den Rinderställen enthielt der kleinste 160 cbm, der größte 1800 cbm; die 3 Schweineställe waren 235, 383, 713 cbm groß, die beiden Schafställe 138 und 460 cbm.

Von der Wiedergabe der vollständigen Protokolle über sämtliche Untersuchungen sehe ich wegen der Druckschwierigkeiten ab; sie befinden sich bei den Akten der Tierärztlichen Fakultät München, in Abschrift im Besitz von Prof. Dr. Süpfle und von mir.

I.

Der Kohlensäuregehalt, den ich bei meinen 30 Untersuchungen in der Stall-Luft feststellte, war niedrig. Er blieb bei den Pferdestallungen unter 2,5 ‰. Eine einzige Untersuchung ergab den hohen CO_2-Gehalt von 5,09 ‰; hier handelte es sich um eine Untersuchung zur Nachtzeit; nach der Lüftung am Morgen war der Kohlensäuregehalt wieder auf 1,9 ‰ gefallen. Bei den Rinderstallungen war der Kohlensäuregehalt im Durchschnitt etwas höher, erreichte aber auch hier nur einmal den Wert von 4,57 ‰; in 3 Rinderställen betrug er 1—2 ‰, in 6 Ställen 2—3 ‰, in 3 Ställen 3—4 ‰. Der Kohlensäuregehalt von 2,15 ‰ in dem gutgelüfteten Stall Nr. IV ist höher, als ich ihn erwartete; möglicherweise war er deswegen so hoch, weil in der Nähe der Versuchsanordnungsstelle ein großes Faß mit Treber stand, dessen Vorhandensein leider erst nach Abschluß der Luftuntersuchung bemerkt wurde. Auch bei meinen allerdings wenig zahlreichen

Tabelle I.

Verteilung der Untersuchungsergebnisse nach der Höhe des Kohlensäuregehaltes.

‰ CO_2	Pferdeställe	Rinderställe	Schweineställe	Schafställe	Summe
unter 1	1	—	—	—	1
1,01—2,00	7	3	2	—	12
2,01—3,00	1	6	1	2	10
3,01—4,00	—	3	—	—	3
4,01—5,00	—	1	—	—	1
5,01—6,00	1	—	—	—	1

Untersuchungen in Schweine- und Schafställen fand ich den relativ niederen Kohlensäuregehalt von 1,45—2,13‰. In Tabelle I sind die Ergebnisse der Kohlensäurebestimmung zusammengestellt; in dieser Tabelle sind 2 Untersuchungen in Pferdeställen unberücksichtigt geblieben, weil sie im leeren oder fast leeren Stall vorgenommen worden waren. Es sind dies die CO_2-Werte 0,45‰ in Stall II und 0,85‰ in Stall III.

Schultze und Märcker waren auf Grund ihrer Versuche i. J. 1869 zu der Schlußfolgerung gekommen, daß man im Durchschnitt eine Stall-Luft für gut und normal halten könne, solange sie nicht mehr als 2,5—3‰ CO_2 enthält; dagegen müsse man eine Stall-Luft mit einem höheren Kohlensäuregehalt als 3‰ fast in allen Fällen als verdorben und dunstig bezeichnen. In einer späteren Veröffentlichung präzisiert Märcker seinen Standpunkt auf Grund neuer eigener Untersuchungen dahin, daß ein Gehalt von 4‰ CO_2 in der Stall-Luft als die äußerst zulässige Grenze zu gelten habe; ein Kohlensäuregehalt von 2,5—3‰ könne für Stall-Luft als normal und sogar als wünschenswert bezeichnet werden; es sei wünschenswert, den Kohlensäuregehalt auf einer gewissen, nicht zu geringen Höhe zu erhalten im Hinblick auf die Stalltemperatur; habe sich doch bei seinen Untersuchungen herausgestellt, daß in den meisten Ställen bei einem Kohlensäuregehalt von 2—4‰ die Normaltemperatur von 12—15° geherrscht habe, während bei geringerem Kohlensäuregehalt auch die Stalltemperatur zu niedrig gewesen sei.

Diese Anschauung konnte schon von Lehmeyer nicht bestätigt werden; er fand am häufigsten Kohlensäuremengen von 1—3‰, in ca. 28% seiner Untersuchungen sogar weniger als 2‰ CO_2, ohne daß die Stalltemperatur — von wenigen Ausnahmefällen abgesehen — unter 14° sank. Allerdings hatte Lehmeyer, wie er selbst betont, während des abnorm warmen Winters 1924/25 nur selten Gelegenheit, Untersuchungen bei Außentemperaturen unter 0° vorzunehmen.

Bei meinen Untersuchungen herrschte in 21 Fällen eine Außentemperatur unter 10°, in 7 Fällen eine Außentemperatur unter 0°. Als niederste Stalltemperatur beobachtete ich ein einziges Mal 9,8° bei einem CO_2-Gehalt der Stall-Luft von 0,45‰ und einer Außentemperatur von 1,4°; bei dieser Untersuchung war der Stall völlig eer. Bei 4 anderen Untersuchungen betrug die Stalltemperatur 11,4—11,8°; hierbei war der Kohlensäuregehalt 1,8—2,5‰, die

Temperatur der Außenluft — 3,6 bis + 1,8°. Die von Märcker als wünschenswert bezeichnete Stalltemperatur von 12—15° war nur in 6 Fällen meiner Untersuchungen nicht unter- oder überschritten; hierbei war der Kohlensäuregehalt der Luft zweimal 0,85‰, einmal 1,5‰, zweimal ca. 2,1‰, einmal 5‰; die Außentemperaturen schwankten zwischen — 3,4 und + 13,4°.

In 19 Fällen war die Stalltemperatur höher als 15°; die höchste Stalltemperatur von 21,6° beobachtete ich ein einziges Mal. Auch bei diesen höheren Innentemperaturen (wobei dreimal Außentemperaturen unter 0°, zwölfmal unter + 10° herrschten) war der Kohlensäuregehalt relativ niedrig: er war

3 mal	unter	1,5‰
6 „	zwischen	1,51—2,00‰
6 „	„	2,01—3,00‰
3 „	„	3,01—4,00‰
1 „	über	4,01‰.

Ich kann also nicht finden, daß ein bestimmter, nicht zu geringer Kohlensäuregehalt in der Stall-Luft etwa deshalb wünschenswert wäre, weil er die optimale Stalltemperatur gewährleistet. Sowohl bei niederen als auch bei hohen Stalltemperaturen finden wir vielmehr niedere und höhere Kohlensäurewerte. Das Interesse der Einhaltung einer gewissen Stalltemperatur darf darnach auf unsere Anschauungen, welcher Kohlensäuregehalt im Stall als günstig zu bewerten ist, keinerlei Einfluß haben.

Diese Erkenntnis scheint mir gegenüber der Lehre von Märcker einen Fortschritt zu bringen. Wir wissen jetzt, daß es unberechtigt wäre, den von Märcker ziemlich hoch normierten Kohlensäuregehalt von mindestens 2,5‰ geradezu anzustreben, wie es in Konsequenz der Argumentation von Märcker gefordert werden müßte. Wir haben vielmehr volle Freiheit, einen möglichst niederen Kohlensäuregehalt in der Luft von Stallungen — ganz ebenso, wie in der Luft menschlicher Wohnräume — als zweckmäßig zu postulieren, wenn diese Zweckmäßigkeit sich theoretisch begründen und praktisch erreichen läßt.

II.

Über die theoretische Begründung der These, daß die Luft bewohnter Räume hygienisch um so günstiger zu beurteilen ist, je niedriger ihr Kohlensäuregehalt ist, bedarf es keiner längeren Aus-

führungen. Wir brauchen uns nur der klassischen Überlegungen zu erinnern, die M. v. Pettenkofer dazu veranlaßten, den Gehalt der Raumluft an Kohlensäure als Maßstab der Luftbeschaffenheit aufzustellen. Da die eigentliche Noxe, die infolge der Anwesenheit von Lebewesen in einem umschlossenen Raum die Gefahr einer Gesundheitsschädigung entstehen läßt, vorläufig nicht in einfacher Weise chemisch oder physikalisch zahlenmäßig direkt erfaßbar ist, wählte M. v. Pettenkofer die Kohlensäure als Indikator der Luftbeschaffenheit. Die Kohlensäure erreicht zwar in einem von Menschen oder Tieren normal besetzten Raum unter den Verhältnissen des täglichen Lebens keine Konzentrationen, die an und für sich — durch Kohlensäurewirkung — gesundheitsschädlich wirken könnten; wohl aber spricht alles dafür, daß die eigentliche Noxe der mit der Anwesenheit von Lebewesen einhergehenden Luftverschlechterung in demselben Maße ansteigt, wie der Kohlensäuregehalt der Luft, vorausgesetzt, daß die Vermehrung des Kohlensäuregehaltes lediglich durch die von den Lebewesen ausgeatmete Kohlensäure bedingt wird.

A priori müssen wir also verlangen, daß der Kohlensäuregehalt der Luft im besetzten Stall möglichst niedrig bleibt. Nur darüber kann man diskutieren, inwieweit man im Stall die zulässige Höchstgrenze des Kohlensäuregehalts höher normieren darf, als in menschlichen Wohnräumen. Denn die für die Gültigkeit des Pettenkoferschen Kohlensäuremaßstabes notwendige Voraussetzung, daß die Vermehrung des Kohlensäuregehaltes lediglich auf die Kohlensäuremengen zu beziehen ist, die von den Insassen des Stalles ausgeatmet werden, trifft für den Stall nicht uneingeschränkt zu; die Ausscheidungen der Tiere verbleiben je nach der Führung des Stallbetriebes kürzere oder längere Zeit im Stall, bieten also eventuell die Möglichkeit zu bakteriellen Zersetzungsvorgängen; diese können aber zur Entwiklung gewisser Kohlensäuremengen führen, sodaß also der Kohlensäuregehalt des unbesetzten Stalles bereits höher sein kann, als die Luft im Freien und die Luft im leeren menschlichen Wohnraum.

Die Luft im Freien enthält 0,3 ‰ CO_2. In einem unbesetzten, sehr rein gehaltenen Pferdestall fand ich 0,45 ‰ CO_2; in einem anderen, ebenfalls reinlich geführten Stall, in dem zur Zeit der Untersuchung nur 2 Pferde anwesend waren (bei voller Belegung 35 Pferde) war der Kohlensäuregehalt 0,85 ‰. In dem Protokoll von Lehmeyer

finden sich 3 Untersuchungen, bei denen zufällig nur wenige Tiere (Nr. 40 1 Pferd, 1 Rind; Nr. 50 3 Kälber, 1 Schwein; Nr. 56 1 Kalb) sich im geräumigen Stall befanden; die hierbei von Lehmeyer ermittelten Kohlensäurewerte von 1,38—1,48 ‰ sind höher als meine Ergebnisse; diese Differenz ist aber verständlich, da in den von Lehmeyer geprüften Stallungen die Ausscheidungen der Tiere nicht so rasch aus dem Stall entfernt wurden, wie in meinen Untersuchungsfällen.

Diese Beobachtungen geben uns Anhaltspunkte für die Bemessung der Kohlensäuremengen, die in der Stall-Luft lediglich infolge von Zersetzungsvorgängen der tierischen Ausscheidungen angetroffen werden können. Bei unzweckmäßiger Führung des Stallbetriebes muß also damit gerechnet werden, daß der Kohlensäuregehalt der Stall-Luft von Anfang an nicht 0,3 ‰ — wie im Freien und im unbesetzten, reinlich gehaltenen menschlichen Wohnraum — beträgt, sondern Werte von ca. 1,5 ‰ besitzen kann. Aus diesen Feststellungen und Ueberlegungen erhellt einerseits, daß die zulässige Höchstgrenze des Kohlensäuregehaltes in der Stall-Luft höher angesetzt werden muß, als der für menschliche Wohnräume gültige Wert von 1 ‰. Andererseits haben wir aber auch keinen wissenschaftlichen Grund, die von Märcker so hoch angesetzte Zahl von 4 ‰ als Höchstgrenze für Stall-Luft anzuerkennen.

Ganz in demselben Sinne sprechen meine tatsächlichen Feststellungen über das, was sich praktisch erreichen läßt. Schon bei der nur referierenden Beschreibung meiner Ergebnisse hatte ich betont, daß der von mir gefundene Kohlensäuregehalt der Stall-Luft niedrig ist. In Rinderställen habe ich nur viermal einen Kohlensäuregehalt über 3 ‰ festgestellt, in Pferdeställen sogar nur ein einziges Mal. In allen diesen Fällen lautete auch das subjektive Urteil, das auf Grund der Geruchswahrnehmung beim Betreten des Stalles abgegeben wurde, ungünstig.

Meine eigenen Versuchsergebnisse stehen ganz im Einklang mit den sorgfältigen Befunden von Lehmeyer. Bei der kritischen Abwägung seiner Ergebnisse kommt Lehmeyer zu dem Schluß: „Soviel zeigen aber meine Untersuchungen an ländlichen Stallungen, daß es während der wärmeren Jahreszeit gelingt, den Kohlensäuregehalt der Stall-Luft unter 2,5 ‰, jedenfalls unter 3 ‰ zu halten."

Der Vorbehalt, den Lehmeyer machte, daß seine Beobachtungen zunächst nur für die wärmere Jahreszeit, in der sie hauptsächlich

angestellt wurden, gelten, war durchaus begründet. Muß doch erwartet werden, daß während der kühleren Jahreszeit die Lüftung wesentlich eingeschränkt wird, in der Absicht, die Stalltemperatur nicht zu tief absinken zu lassen. Tatsächlich lagen bei den von mir untersuchten Rinderstallungen die Verhältnisse so, daß die Kohlensäurewerte im Winter höher waren (2,96—4,57 ‰) als im Sommer (1,5—2,95 ‰). Auch bei den Pferdestallungen ist ein gewisser Unterschied bemerkbar; die Sommerzahlen (0,85—1,9 ‰ CO_2) sind etwas niedriger als die Winterzahlen (1,8—2,03 — einmal sogar 5,09 — ‰ CO_2). Jedoch zeigen gerade die Befunde in Pferdestallungen und die wiederholten Untersuchungen im gleichen Stall zu verschiedenen Jahreszeiten, daß es durchaus möglich ist, auch im Winter den Kohlensäuregehalt der Stall-Luft unter 3 ‰ zu halten.

Ich glaube darnach, daß man allen Grund hat, zu der ursprünglichen Anschauung von Schultze und Märcker zurückzukehren, daß man im Durchschnitt eine Stall-Luft für gut und normal halten kann, solange sie nicht mehr als 2,5—3 ‰ CO_2 enthält; daß dagegen eine Stall-Luft mit einem höheren Kohlensäuregehalt als 3 ‰ fast in allen Fällen als verdorben bezeichnet werden muß.

III.

Da die Tiere bei der Ausatmung nicht nur Kohlensäure, sondern auch Wasserdampf ausscheiden, muß die durch die Anwesenheit von Tieren eintretende Luftveränderung an einer Erhöhung des Wasserdampfgehaltes erkennbar sein. Der absolute Wasserdampfgehalt, ausgedrückt als Tension des Wasserdampfes im mm Hg, schwankte in den Pferdeställen zwischen 6,8 und 12,5; in den Rinderställen war er höher und betrug 8,8—16,1; in den 3 untersuchten Schweinestallungen fand ich Werte zwischen 8,6 und 15,8; in den beiden Schafstallungen die Größe von 9,6.

Bei der Beurteilung dieser Zahlenwerte darf nicht vergessen werden, daß die in der Stall-Luft gefundenen Wasserdampfmengen nicht ausschließlich der Ausatmungsluft der Tiere emtstammen. Vielmehr ist ein gewisser Teil des Feuchtigkeitsgehalts der Luft entstanden durch Verdunstung von Wasser, das die tierischen Ausscheidungen, Futtermittel usw. enthalten, von Wasser, das zum Reinigen des Stalles usw. gedient hatte und dergleichen. Vor allem ist die in den Stall von außen eintretende frische Luft nicht trocken,

sondern enthält gewisse, je nach der Jahreszeit und der Witterung wechselnde Wasserdampfmengen. Im Winter ist der absolute Wasserdampfgehalt der Luft im Freien kleiner als im Sommer. Wir sollten demnach erwarten, daß auch im Stall die absolute Luftfeuchtigkeit während des Winters niedriger ist als im Sommer. Gruppieren wir unsere Untersuchungsbefunde nach den Jahreszeiten, so ergibt sich, daß sich die Luftfeuchtigkeit in den Pferdestallungen erwartungsgemäß verhält; die Zahlen schwanken im Winter zwischen 6,8 und 10,4 (arithmetisches Mittel 8,5), im Sommer zwischen 8,7 und 12,5 (arithmetisches Mittel 10,44). Entgegen der Erwartung ist in den Rinderstallungen die absolute Luftfeuchtigkeit im Winter größer (11,4—16,1; arithmetisches Mittel 14,1) als im Sommer (8,8—14,9; arithmetisches Mittel 12,58). Da sich der Wasserdampfgehalt der Luft im Freien bei den Untersuchungen in Pferdestallungen entsprechend verhielt wie bei den Prüfungen in Rinderställen, muß die auffällige Erhöhung der Luftfeuchtigkeit der Rinderstallungen während des Winters auf Unzweckmäßigkeiten des Stallbetriebes (besonders geringe Lüftung, vermeidbare Wasserdampfbildung) zurückgeführt werden.

Der größere Wasserdampfgehalt der Rinderställe im Vergleich zu den Pferdestallungen spricht sich auch in den Zahlen der relativen Feuchtigkeit aus; die Werte schwanken bei den Pferdeställen zwischen 61 und 89%, bei den Rinderställen zwischen 76 und 90%. Wenn wir zum Vergleich als Durchschnittszahl das arithmetische Mittel aus den sämtlichen Untersuchungsergebnissen wählen, so errechnet sich für die Pferdeställe eine relative Luftfeuchtigkeit von 78%, für die Rinderställe eine relative Luftfeuchtigkeit von 84%. Es muß hervorgehoben werden, daß die relative Luftfeuchtigkeit bei vielen meiner Untersuchungen, namentlich in Rinderstallungen eine Höhe zeigt, die hygienisch unerwünscht ist. Wenn ich auch nicht so ungünstige Verhältnisse antraf wie Lehmeyer, der in 9 Fällen eine relative Luftfeuchtigkeit von 91—95% fand, so muß doch immer wieder hingewiesen werden, wie notwendig es ist, den Wasserdampfgehalt der Stallungen möglichst niedrig zu halten.

Um ein anschauliches Bild zu gewinnen, wie groß der Zuwachs ist, den die absolute Feuchtigkeit der Luft im Stall erfährt im Vergleich zu der absoluten Feuchtigkeit der Außenluft, hat Lehmeyer bei seinen Untersuchungen die Vergleichsgröße errechnet.

Tabelle II.

Stall-Nummer	Absolute Wasserdampftension in mm Hg		Zuwachs der absoluten Wasserdampftension		CO_2 ‰
	Außenluft	Stall-Luft	absolut in mm Hg	prozentual	
Pf. III	9,8	9,7	— 0,1	—	0,85
VII	8,7	8,7	0	0	1,60
VI	9,8	11,5	1,7	17	1,27
VIII	9,3	12,5	3,2	34	1,63
V	8,1	11,3	3,2	39	1,08
IV	6,1	9,9	3,8	62	0,85
X	5,8	9,5	3,7	64	1,91
IX	2,8	6,8	4,0	142	1,80
I (26)	3,2	8,3	5,1	160	2,03
II	2,6	6,9	4,3	165	0,45
I (28)	3,0	8,5	5,5	183	1,91
I (27)	2,9	10,4	7,5	359	5,09
Ri. II	8,4	8,8	0,4	4	1,50
I (1)	9,1	10,9	1,8	19	1,52
III	11,9	14,9	3,0	25	1,5
VI	8,1	13,3	5,2	64	2,39
VII	7,6	12,6	5,0	65	2,74
V	7,6	14,2	6,6	86	2,16
IV	6,1	12,4	6,3	103	2,15
X	4,7	11,4	6,7	142	3,92
VIII	4,4	13,6	9,2	209	2,95
I (22)	4,2	15,2	11,0	262	3,25
I (23)	3,5	14,7	11,2	320	4,57
I (24)	3,7	16,1	12,4	335	2,96
IX	2,6	13,1	10,5	404	3,85
Schw. II	11,7	15,8	4,1	35	1,95
I	11,3	15,7	4,4	39	1,45
III	2,6	8.5	5,9	226	2,05
Scha. II	4,4	9,6	5,2	118	2,12
I	4,0	9,6	5,6	140	2,06

Pf. = Pferdestallungen.
Ri. = Rinderstallungen.
Schw. = Schweinestallungen.
Scha. = Schafstallungen.
Die in ( ) stehenden Zahlen bezeichnen die Protokollnummern.

die der Zuwachs annimmt, wenn man die jeweilige absolute Feuchtigkeit der Außenluft mit 100 ansetzt. Ich habe bei meinen Untersuchungen die gleiche Berechnungsweise durchgeführt und in Tabelle II dargestellt. Dabei ordnete ich die einzelnen Untersuchungsresultate so an, wie sie sich nach der Größe des prozentualen Zuwachses gruppieren. In der letzten Spalte ist noch der Kohlensäuregehalt der Stall-Luft aufgeführt, da Lehmeyer glaubte, eine gewisse Kongruenz zwischen der Höhe des prozentualen Zuwachses der Luftfeuchtigkeit und dem Kohlensäuregehalt finden zu können.

Wie Tab. II zeigt, lehrt die Berechnung des prozentualen Zuwachses, den die absolute Luftfeuchtigkeit im Stall erfährt, daß die Luft in den Rinderstallungen durchweg wasserdampfreicher wird, als in den Pferdeställen. Eine gewisse Kongruenz zwischen dem Feuchtigkeitszuwachs und dem Kohlensäuregehalt ist zwar insofern vorhanden, als in vielen Fällen einem großen Feuchtigkeitszuwachs auch ein erheblicher Kohlensäureanstieg entspricht. Eine konstante Relation besteht aber nicht, so daß es unmöglich erscheint, über den Grad der Luftverschlechterung ein zuverlässiges Urteil etwa nur aus der Bestimmung der Luftfeuchtigkeit ableiten zu wollen. In dieser Richtung hat die Anregung von Lehmeyer leider nicht zu einem praktisch verwertbaren Verfahren geführt.

Ob die Luft feucht oder trocken ist, läßt sich durch die subjektive Geruchsempfindung mit der Nase in keiner Weise verlässig ermitteln. Ich habe meine Untersuchungsergebnisse darnach gruppiert, ob ich beim Betreten des Stalles den Eindruck einer trockenen oder feuchten Luft erhielt; ich habe dann den tatsächlich festgestellten Feuchtigkeitsgehalt der Luft mit der subjektiven Wahrnehmung verglichen und mich überzeugt, daß man ebenso oft den Feuchtigkeitsgrad der Luft richtig wie falsch einschätzt. Ich befinde mich hierbei ganz in Übereinstimmung mit Lehmeyer, dem ebenfalls aufgefallen war, „daß das subjektive Urteil, die Luft sei trocken oder feucht, mit dem Ergebnis der objektiven Untersuchung sehr wenig übereinstimmt". Es war mir sehr interessant, nachträglich darauf aufmerksam gemacht zu werden, daß K. B. Lehmann[1]) diese Tatsache bereits klar erkannt hat; er hatte „Veranlassung genommen, in Vereinssitzungen Temperatur- und Feuchtigkeitsuntersuchungen anzustellen und nachher bei

1) Lehmann, K. B., Die Methoden der praktischen Hygiene, S. 172, 1901.

Männern, die ihr Leben in wissenschaftlichen Forschungen hinbringen, Urteile über den Wassergehalt der Luft zu sammeln; sie lauteten stets ganz widersprechend."

IV.

Die tierischen Ausscheidungen, die im Stall verbleiben, unterliegen der Wirkung bestimmter Gärungserreger. Ein besonders markantes Zersetzungsprodukt ist das Ammoniak, das durch ammoniakalische Gärung von Harn entsteht. Das Auftreten von Ammoniak ist immer dann zu erwarten, wenn der Harn nicht alsbald nach dem Absetzen rasch und vollständig entfernt wird. Tatsächlich ist oft genug eine aufdringliche Komponente des Stallgeruches schon mit der Nase als Ammoniak zu erkennen.

Die Einatmung ammoniakhaltiger Luft kann zu Gesundheitsschädigungen führen. Nach den Ermittelungen von K. B. Lehmann[1]) lassen sich Ammoniakmengen von 1—2‰ ohne Gefahr nur kurze Zeit ertragen; Mengen von 5‰ wirken rasch verderblich. Nach Ronzani[2]) ist langandauernde Einatmung einer Luft mit nur 0,5‰ NH_3 nicht gefahrlos; es leidet die Ernährung und die Blutzusammensetzung, vor allem steigt die Disposition zu künstlichen Infektionen. Erst Ammoniakkonzentrationen von 0,1‰ sind nach Ronzani indifferent.

Auch die Lehrbücher der Veterinärhygiene weisen auf Schädigungsmöglichkeiten durch einen höheren Ammoniakgehalt der Luft hin, namentlich auf die Entstehung von Katarrhen der Bindehaut und der oberen Luftwege, auf die Beeinträchtigung der Widerstandsfähigkeit u. ä.

Feststellungen über die tatsächliche Höhe des Ammoniakgehaltes in Stallungen scheinen aber nur ganz vereinzelt erhoben worden zu sein. Der hauptsächlich zitierte Autor Vollrath (S. 2 Anm. 3 dieser Arbeit) hat 1872 die Luft zweier Pferdeställe untersucht, von denen der eine Matratzenstreu, der andere periodische Streu enthielt. Nachdem die Stallungen $3^1/_2$ Stunden verschlossen gehalten worden waren, wurden Luftproben entnommen. In der Luft des mit Matratzenstreu versehenen Stalles wurden — neben 5,018 ‰ CO_2 — 0,112‰ NH_3 gefunden, in der Luft des Stalles mit periodischer Streu — neben 2,725 ‰ CO_2 — 0,094 ‰ NH_3. Klimmer erwähnt in seiner

[1]) Lehmann, K. B., Arch. f. Hyg., Bd. 5, S. 59; Bd. 34, S. 276.
[2]) Ronzani, Arch. f. Hyg., Bd. 70, S. 253.

Veterinärhygiene, das Ammoniak trete „namentlich in den Pferdeställen bei mangelhafter Ventilation oft genug in so erheblichen Mengen (0,5—1 ‰) auf, daß es die Augenbindehaut und Respirationsschleimhaut reizt. Eine solche verdorbene Luft macht sich schon durch ihren unangenehmen, stechenden Geruch bemerkbar.“ Über den Ammoniakgehalt der Luft von Rinderstallungen sind mir aus der Literatur keine Angaben bekannt.

Angesichts dieser Lücke in unseren bisherigen Kenntnissen war es besonders interessant, dem Plan der gestellten Aufgabe entsprechend, auch den Ammoniakgehalt der Stall-Luft in jedem einzelnen Untersuchungsfall quantitativ zu ermitteln.

Bei den Prüfungen der Luft von Pferdestallungen hatte ich — mit einer einzigen Ausnahme — stets Ammoniak nachweisen können. Die gefundenen Werte schwankten zwischen 0,013 und 0,177 Volum ‰ NH_3. Weniger als 0,1 ‰ Ammoniak enthielt die Luft in 8 Fällen; in 3 Fällen überstieg der Ammoniakgehalt den Wert von 0,1 ‰. So hohe Zahlen, wie sie Klimmer angibt, habe ich nicht beobachtet; es lag dies wohl vor allem daran, daß es sich bei meinem Untersuchungsmaterial zumeist um sehr saubere und gepflegte Stallungen handelte.

Bei meinen 13 Untersuchungen in Rinderställen war 6 mal kein Ammoniak nachweisbar. In 7 Fällen war Ammoniak vorhanden und zwar in Mengen von 0,026—0,107 ‰. In den Rinderställen enthält die Luft also weniger Ammoniak als in den Pferdeställen.

In den 3 untersuchten Schweineställen, ebenso in beiden Schafställen fand ich regelmäßig Ammoniak; in den Schweineställen bewegte sich der Ammoniakgehalt zwischen 0,014 und 0,032‰, in den Schafställen zwischen 0,027 und 0,148 ‰.

Mit der Nase war die Ammoniakbeimengung regelmäßig deutlich zu erkennen, sobald der Ammoniakgehalt 0,14 ‰ überstieg.

Irgend eine Beziehung zwischen dem Ammoniakgehalt der Luft und dem Kohlensäuregehalt oder der Luftfeuchtigkeit konnte ich nicht aufdecken. Sie ist auch nicht zu erwarten, da der Ammoniakgehalt allein abhängig ist von der Verunreinigung der Ställe und der Behandlung der tierischen Ausscheidungen. In diesem Zusammenhang ist es bemerkenswert, daß ich bei der Untersuchung des leeren gelüfteten Pferdestalles Nr. II neben der geringen Kohlensäuremenge von 0,45‰ einen Gehalt von 0,035 ‰ NH_3 feststellte; die Besichtigung des Stalles lehrte, daß die Jauche nicht sauber abfließen konnte.

V.

Die Frage, ob die Stall-Luft Schwefelwasserstoff enthält, ist bisher nicht geprüft worden. Süpfle und Hofmann hatten im vergangenen Jahr in den sogenannten „Gülle-Stallungen“ die Anwesenheit von Schwefelwasserstoff in der Luft nachweisen können. Bei diesen Stallungen, wie sie im bayerischen Allgäu und in manchen Gegenden der Schweiz üblich sind, werden Harn und Exkremente der Rinder in einer Grube gesammelt, die unter dem Stallfußboden unzweckmäßigerweise so angeordnet ist, daß die aus der gärenden „Gülle“ — einem den Graswuchs der Weiden besonders fördernden Düngemittel — entweichenden Gase in den Stallraum gelangen können. Infolge dieser direkten Kommunikation der Güllegrube mit dem Stallraum ist es verständlich, daß die bei der Zersetzung der Gülle gebildeten Fäulnisgase, darunter Schwefelwasserstoff, sich der Stall-Luft beimischen.

Mit Rücksicht darauf, daß Süpfle und Hofmann in Güllestallungen im Allgäu und in der Schweiz besondere Untersuchungen angestellt haben, über die sie selbst berichten, habe ich die Prüfung der Luft solcher Stallungen außer Betracht gelassen. Dagegen habe ich in den von mir herangezogenen Stallungen gewöhnlicher Bauart stets auch Untersuchungen auf das Vorhandensein von Schwefelwasserstoff durchgeführt.

Das Ergebnis meiner Untersuchungen ist in dieser Richtung völlig negativ: es gelang mir niemals, in der Luft von Pferde-, Rinder-, Schweine- und Schafstallungen gewöhnlicher Bauart Schwefelwasserstoff auch nur in Spuren nachzuweisen. Die Beobachtung, daß Schwefelwasserstoff nur in Güllestallungen auftritt, ist für die Beurteilung der Frage, wie die Güllegruben am zweckmäßigsten anzuordnen sind, sehr wesentlich.

VI.

Meiner Beobachtungen über die Stalltemperatur habe ich bereits Erwähnung getan im Zusammenhang mit der Frage, inwieweit Beziehungen zwischen dem Kohlensäuregehalt und der Temperatur bestehen. Ich habe jetzt noch die Stalltemperatur von dem Gesichtspunkt des Stallbaues zu erörtern. In hygienischer Beziehung ist es ja eine Hauptaufgabe der Bauweise, daß im Stall während des ganzen Jahres eine möglichst angemessene Temperatur herrscht. Bei richtiger Konstruktion sind die Mauerwände infolge ihrer Wärme-

Tabelle III.

Stall-Nummer	Außentemperatur in °C	Stalltemperatur in °C
Pferdestall VIII	14,0	18,3
VII	13,8	15,6
VI	13,4	16,0
III	13,4	13,6
V	9,2	15,8
IV	7,2	13,2
X	6,6	18,0
I (26)	1,8	11,4
II	1,4	9,8
IX	— 1,2	11,4
I (27)	— 3,4	13,6
I (28)	— 3,6	11,0
Rinderstall III	16,2	19,2
I (1)	12,0	15,2
II	10,8	12,6
VI	9,2	18,0
VII	8,8	17,2
V	8,0	18,8
IV	7,2	17,4
VIII	4,8	19,4
X	1,8	17,2
IX	1,4	19,8
I (22)	— 1,2	19,8
I (23)	— 1,8	19,6
I (24)	— 2,2	20,4
Schweinestall II	16,0	21,6
I	15,8	20,0
III	1,4	11,8
Schafstall II	0,4	12,8
I	— 0,2	12,8

kapazität und ihres schlechten Wärmeleitungsvermögens imstande, im Sommer einen zu hohen Anstieg, im Winter ein zu tiefes Absinken der Raumtemperatur zu verhindern.

Bei meinem Untersuchungsmaterial handelte es sich durchweg um Steinbauten. Die Wände bestanden in allen Fällen aus Ziegeln und waren gewöhnlich $1^1/_2$—2 Stein stark. Es war also zu erwarten, daß die Stalltemperatur im Großen und Ganzen von der

Außentemperatur nicht in störender Weise beeinflußt werde. Inwieweit diese Erwartung erfüllt wurde, läßt sich aus der tabellarischen Übersicht (Tabelle III) ersehen, in der die Außentemperaturen der Luft im Freien verglichen werden können mit der Stalltemperatur. Die Außentemperaturen sind nach ihrer Höhe geordnet.

Tabelle III läßt erkennen, daß bei den Pferdeställen die Innentemperatur im Durchschnitt etwas tiefer wird, wenn die Außentemperaturen absinken; sehr erheblich ist die Wirkung niedriger Außentemperaturen jedoch nicht. Der Wärmeschutz dieser Stallungen hier ist also befriedigend. Das gleiche gilt von den Rinderstallungen; hier steigt sogar bei kühlen Außentemperaturen die Innentemperatur an — als Ausdruck dafür, wie ängstlich die Stallbesitzer tatsächlich die Rinderställe durch Verstopfen der Lüftungsöffnungen vor Wärmeverlusten zu schützen trachten; der Erfolg dieses Verhaltens geht sogar über das hygienisch-erwünschte Maß hinaus und führt nicht nur zu einem zu hohen Temperaturanstieg, sondern auch zu einem zu hohen Feuchtigkeitsgehalt der Stall-Luft.

VII.

Nicht nur für die Temperaturverhältnisse im Stall ist die Bauweise maßgebend, sondern auch für die natürliche und künstliche Lüftung. Zu Schlußfolgerungen in dieser Richtung ist mein Untersuchungsmaterial leider wenig ergiebig. Ich habe dem Material der Decken, das für die Frage der natürlichen Lüftung eine wichtige Rolle spielt, bei meinen Feststellungen stets Beachtung geschenkt. In 14 Ställen waren die Decken aus Beton, in 6 Ställen aus Holz; in 3 Fällen handelte es sich um Hourdisdecken, in 5 Fällen um Windelböden, einmal um Ziegelgewölbe. Um von der größeren oder geringeren lüftenden Wirkung dieser verschiedenen Deckenkonstruktionen eine gewisse Anschauung zu erhalten, habe ich in Tabelle IV meine Untersuchungsbefunde nach dem Material der Decke gruppiert und in den darauffolgenden Spalten den Kohlensäuregehalt der Luft eingetragen und den prozentualen Zuwachs, den der absolute Wasserdampfgehalt, bezogen auf den ursprünglichen Wassergehalt der Außenluft, im Stall erfahren hat.

Tabelle IV lehrt, daß bei allen Deckenarten die Stall-Luft ärmer oder reicher an Kohlensäure und Wasserdampf sein kann. Eine Ausnahme machen nur die Beobachtungen in Stallungen mit Holzdecken: hier sind die Befunde des Kohlensäuregehaltes und des

Tabelle IV.

Art der Decke	Stall-Nummer	CO_2 %	Prozentualer Zuwachs d. Luftfeuchtigkeit	Bemerkungen
Beton	Ri. I (1)	1,52	20	Holz über d. Decke
	II	1,50	48	„ „ „ „
	VI	2,39	64	
	VIII	2,95	209	
	X	3,922	142	
	I (24)	2,96	335	Nachts
	I (22)	3,25	262	„
	I (23)	4,57	320	„
	Pf. VIII	1,63	34	
	III	0,85	0	Stall war leer
	VI	1,27	17	
	II	0,45	165	Stall war leer
	Scha. I	2,06	140	Holz über d. Decke
	II	2,13	118	„ „ „ „
Holz	Pf. VII	1,60	0	
	V	1,08	39	
	X	1,91	64	
	Schw. I	1,45	35	
	II	1,95	35	
	III	2,05	226	
Hourdis	Ri. V	2,16	87	
	IV	2,15	103	
	VII	2,74	66	
Ziegel	Ri. III	1,74	25	
	IX	3,85	404	
Windelböden	Pf. IV	0,85	62	
	IX	1,80	142	
	I (26)	2,03	160	Über den Windelböden liegen Holzbohlen. Nachtuntersuchung
	I (27)	5,09	359	
	I (28)	1,91	183	

prozentualen Zuwachses der absoluten Luftfeuchtigkeit regelmäßig günstig. Diese Feststellung basiert zwar auf dem nichtimponierenden Material von nur 6 Stallungen mit Holzdecken; sie würde also eine Hervorhebung für sich allein nicht rechtfertigen. Aber ich darf dieser Beobachtung doch Wert beilegen, weil sie sich

völlig mit den Befunden von Lehmeyer deckt. Auch ihm war aufgefallen, daß in Stallungen mit Holzdecken die Luftbeschaffenheit vergleichsweise günstiger war, als in analo gen Ställenmit Decken aus anderem Material.

Ueber die Wirkung der künstlichen Lüftung durch Offenhalten von Fenstern und Türen oder durch funktionierende Ventilationsschächte kann ich bei meinem Material insofern etwas aussagen, als es sich zeigte, daß ceteris paribus die Luft stets günstigere Verhältnisse aufwies, wenn für künstliche Lüftung gesorgt wurde, als wenn dies nicht der Fall war. Namentlich bei den Rinderstallungen sehen wir sehr auffällige Unterschiede; in allen Fällen, wo der Kohlensäuregehalt über 3,0 ‰ ansteigt, hatte keine künstliche Lüftung stattgefunden.

Sehr gerne hätte ich den Einfluß der Lüftung durch Vergleichsuntersuchungen an ein- und demselben Stall unter verschiedenen Bedingungen geprüft; leider bot sich mir keine Gelegenheit, dieser Frage systematische Prüfungen, die allein ein endgültiges Urteil ermöglichen, zu widmen.

Unsere Ansprüche an die Lüftung müssen bekanntlich um so größer werden, je kleiner der Luftcubus ist, der dem einzelnen Tier zur Verfügung steht. Wenn der Kohlensäuregehalt der Stall-Luft nicht über 3 ‰ ansteigen soll, müssen einem Großtier pro Stunde nach der Berechnung ca. 45 cbm Luft zugeführt werden. Falls im Stall innerhalb einer Stunde nur eine einmalige Lufterneuerung möglich ist, ergibt sich hieraus die Größe des geringsten Luftcubus mit ca. 23,5 cbm. Wo dagegen ein häufigerer Luftwechsel innerhalb einer Stunde erreicht wird, darf der Luftcubus entsprechend geringer angesetzt werden.

Bei den von mir untersuchten Stallungen war der Luftcubus in 4 Fällen, die durchweg Rinderställe betrafen, kleiner als 20 cbm; der niedrigste Luftcubus maß 15 cbm. In 10 Ställen war der Luftcubus zwischen 20 und 30 cbm, in 9 Ställen zwischen 30 und 40 cbm, in 2 Ställen zwischen 40 und 60 cbm. In den 4 Fällen unter 20 cbm pro Tier enthielt die Luft stets mehr als 2,1 ‰ CO_2. Niedrige Kohlensäurezahlen unter 1,7 ‰ CO_2 finden sich vor allem in den Stallungen, wo der Luftcubus größer als 30 cbm ist.

Zwischen dem Ammoniakgehalt und dem Luftcubus bestehen gar keine Beziehungen; bei einem Luftcubus von 60 cbm kann — wie ich einmal sah — die Luft 0,1 ‰ NH_3 enthalten, umgekehrt

ist in meinem Untersuchungsmaterial ein Stall mit einem Luftcubus von 19 cbm — und 3,8‰ CO_2 — völlig frei von Ammoniak. Auch hier bestätigt sich, daß der Ammoniakgehalt der Stall-Luft lediglich von der Behandlungsart der Ausscheidungen abhängig ist, nicht von der Größe der Stallungen oder der Zahl der Tiere.

VIII.

Nach dem Plan der gestellten Aufgabe habe ich mein Augenmerk auch auf die Art der Streumaterialien und die Behandlung der Ausscheidungen gerichtet. In 17 Ställen bestand die Streu aus Langstroh, in 8 Ställen aus Sägmehl, in 3 Ställen aus Torfmull, in je einem Stall aus Laub bzw. aus Kaff. Der Zustand der Streu war fast durchweg sehr gut, die Menge überall reichlich.

Von vereinzelten Ausnahmen abgesehen, floß die Jauche in allen Ställen gut ab; für rasche Mistabfuhr wurde regelmäßig gesorgt.

Diese Verhältnisse waren vom sachlichen Standpunkt sehr zu begrüßen: im Interesse meiner Studien war es zu bedauern, aber nicht zu ändern, daß mir infolgedessen die Möglichkeit zu Vergleichsuntersuchungen in unsauber gehaltenen Stallungen fehlte.

Ich habe mich bemüht, durch Gruppierung meiner Beobachtungen Beziehungen einerseits zwischen der Art der Streu und der Behandlung der Ausscheidungen, anderseits der Luftbeschaffenheit aufzudecken. Soviel wenigstens läßt sich sagen, daß in den Stallungen, wo der Zustand der Streu nicht hervorragend war, niemals eine Luft mit besonders niedrigem Kohlensäure-, Ammoniak- und Wasserdampfgehalt angetroffen wurde. Dagegen ist die Art und Behandlung der Streumaterialien für sich allein nicht imstande, eine gute Luftbeschaffenheit zu garantieren.

Ueberrascht hat mich die Beobachtung, daß in den 3 Pferdestallungen, in denen Torfstreu verwendet wurde, der Ammoniakgehalt der Luft keineswegs geringer war, als in Stallungen mit anderer Einstreu. Für die Beurteilung der Luft mit der Nase hat die Torfstreu bekanntlich eine ausgesprochen desodorisierende Wirkung; sie kommt aber bei der chemischen Luftuntersuchung nicht zum deutlichen Ausdruck. Der Besitzer der Schafstallungen I und II, der neben dem Langstroh, das beim Fressen übrig bleibt, noch immer Torfmull streut, gab an, daß sein Stall früher, solange er keinen Torf verwendete, auf hunderte von Metern gerochen worden wäre; seitdem er Torfmull streue, sei nichts mehr zu

riechen. Aber auch in diesen Ställen war Ammoniak nachweisbar; in Stall Nr. II war der hohe Ammoniakgehalt von 0,148 ‰ im Stall sogar mit der Nase deutlich zu erkennen.

IX.

Die Körperpflege und die Gesundheitsverhältnisse der Tiere waren bei meinem Untersuchungsmaterial in guten bis sehr guten Verhältnissen. Rinder, Schweine, Schafe und Pferde werden in den Gegenden, in denen ich meine Prüfungen durchführte, geputzt und sauber gehalten.

Auch die Nutzungsleistungen der Tiere waren überall sehr gut.

Über die Frage, welche Wechselbeziehung zwischen einem der untersuchten Faktoren und dem Gesundheitszustand sowie der Leistung der Tiere besteht, erlaubt mein Material daher leider kein Urteil.

Schlußbemerkungen.

Die mannigfaltigen und schwierigen Fragen, die das von mir bearbeitete Thema umfaßt, sind bisher so wenig bearbeitet worden, daß das Ergebnis meiner eigenen Untersuchungen noch keinen Abschluß bringen kann. Ich hatte nach der Lage der Umstände nur eine begrenzte Möglichkeit, den hier zur Diskussion stehenden Problemen die erforderlichen umfassenden Studien zu widmen, und konnte also nur im Rahmen meiner eigenen Ergebnisse mit der gebotenen Kritik Stellung zu einem Fragenkomplex nehmen, der nicht mehr und nicht weniger als das gesamte Gebiet der Stallhygiene aufrollt. Wenn ich mir so bewußt sein muß, nur einen bescheidenen Beitrag liefern zu können, glaube ich doch, auf dem Wege zum Ziel einen Schritt vorwärts gekommen zu sein, der nicht wertlos ist.

Als Methode zur Untersuchung der Stalluft auf Kohlensäure, Ammoniak und Schwefelwasserstoff hat sich das Verfahren von Süpfle, Hofmann und Walz vorzüglich bewährt. Es sei zur Durchführung der Versuche, die zur Klärung der noch ungelöst gebliebenen Fragen erforderlich sind, angelegentlich empfohlen.

Die von M. v. Pettenkofer inaugurierte Bestimmung des Kohlensäuregehaltes scheint mir auf Grund meiner Untersuchungen auch heute noch im Mittelpunkt aller Hilfsmittel und Ueberlegungen

zur Beurteilung der Stalluft zu stehen. *Wenn man dem Ergebnis der Kohlensäurebestimmung eine normative Rolle zuweisen will, sollte man zu der ursprünglichen Forderung von Schultze und Märcker zurückkehren, daß die Luft im Stall nicht mehr als 3 ‰ Kohlensäure enthalten darf. Daneben ist dem Wasserdampfgehalt der Stalluft größere Beachtung als bisher beizumessen und dafür zu sorgen, daß das Optimum der relativen Feuchtigkeit (40—70 %) nicht überschritten wird. Ebenso muß danach getrachtet werden, daß die Stalltemperatur nur innerhalb der zuträglichen Grenzen schwanke und keinesfalls das Maximum von 18 ° überschreite. Richtige Bemessung des Luftcubus und Sorge für ausreichenden Luftwechsel sind, wie meine Feststellungen der tatsächlichen Verhältnisse lehren, durchaus imstande, diese Forderungen zu erfüllen. Holzdecken haben nach meinen Ermittelungen vor anderen Zwischendecken den Vorzug, den Luftwechsel im Stall zu fördern. Bei zweckmäßiger Behandlung der tierischen Ausscheidungen bleibt eine Verunreinigung der Luft mit Ammoniak und Schwefelwasserstoff aus.*

Lebenslauf.

Ich, Erich Deutsch, wurde am 25. I. 1904 als Sohn des Zahnarztes Dr. Max Deutsch und seiner Ehefrau Ida, geb. Jochsberger, in München geboren. Von 1910 bis 1914 besuchte ich dort die Volksschule, von 1914 bis 1917 das humanistische Wilhelmsgymnasium und von 1917 bis 1923 das alte Realgymnasium, wo ich meine Reifeprüfung bestand.

Das erste Semester studierte ich in Kiel Medizin und setzte mit dem Studium dann ein Jahr aus, um mich praktisch in der Landwirtschaft auszubilden. Im Wintersemester 1924 25 studierte ich in Berlin Tiermedizin, vom Sommersemester 1925 bis zum Sommersemester 1927 setzte ich das Studium in München fort und machte dort im April 1926 mein Physikum. Mein Studium beschloß ich in Hannover, wo ich im Sommersemester 1928 meine tierärztliche Fachprüfung ablegte.